



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I762930 B

(45) 公告日：中華民國 111 (2022) 年 05 月 01 日

(21) 申請案號：109116376 (22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 02 月 01 日

(51) Int. Cl. : H01L33/20 (2010.01) H01L33/38 (2010.01)

(30) 優先權：2010/02/09 美國 61/302,662

(71) 申請人：晶元光電股份有限公司 (中華民國) EPISTAR CORPORATION (TW)

新竹市東區新竹科學工業園區力行路 21 號

(72) 發明人：陳世益 CHEN, SHIH-I (TW)；許嘉良 HSU, CHIA-LIANG (TW)；徐子傑 HSU, TZU-CHIEH (TW)；吳俊毅 WU, CHUN-YI (TW)；黃建富 HUANG, CHIEN-FU (TW)

(56) 參考文獻：

TW 200828626

US 2009/0275154

審查人員：邱智強

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：4 共 23 頁

(54) 名稱

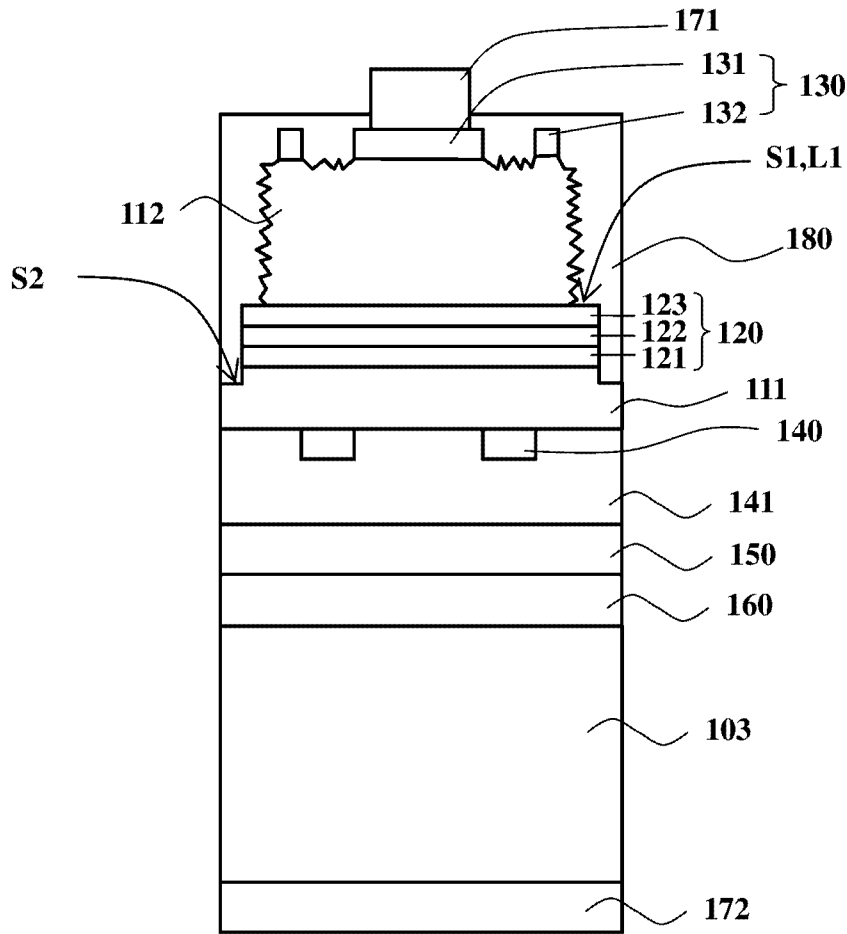
光電元件

(57) 摘要

一光電半導體元件，包括：一基板；一第一窗口層形成於所述之基板，具有第一片電阻值，第一厚度及第一雜質濃度；一第二窗口層，具有第二片電阻值，第二厚度及第二雜質濃度；一半導體系統形成於所述之第一窗口層及所述之第二窗口層之間；其中所述之第二窗口層和所述之半導體系統為不同的半導體材料；所述之第二片電阻值低於所述之第一片電阻值。

One aspect of the present disclosure provides an optoelectronic device comprising a substrate; a first window layer on the substrate, having a first sheet resistance, a first thickness, and a first impurity concentration; a second window layer having a second sheet resistance, a second thickness, and a second impurity concentration; and a semiconductor system between the first window layer and the second window layer; wherein the second window layer comprises a semiconductor material different from the semiconductor system, and the second sheet resistance is greater than the first sheet resistance.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 103: 支撐基板
- 111: 第一窗口層
- 112: 第二窗口層
- 120: 光電系統
- 121: 第一層
- 122: 轉換單元
- 123: 第二層
- 130 ; 131: 第一歐姆接觸層
- 132: 指狀電極
- 140: 第二歐姆接觸層
- 141: 透明導電層
- 150: 反射層
- 160: 金屬層
- 171: 第一襯墊
- 172: 第二襯墊

第 2 圖



I762930

【發明摘要】

【中文發明名稱】 光電元件

【英文發明名稱】 OPTOELECTRONIC DEVICE

【中文】

一光電半導體元件，包括：一基板；一第一窗口層形成於所述之基板，具有第一片電阻值，第一厚度及第一雜質濃度；一第二窗口層，具有第二片電阻值，第二厚度及第二雜質濃度；一半導體系統形成於所述之第一窗口層及所述之第二窗口層之間；其中所述之第二窗口層和所述之半導體系統為不同的半導體材料；所述之第二片電阻值低於所述之第一片電阻值。

【英文】

One aspect of the present disclosure provides an optoelectronic device comprising a substrate; a first window layer on the substrate, having a first sheet resistance, a first thickness, and a first impurity concentration; a second window layer having a second sheet resistance, a second thickness, and a second impurity concentration; and a semiconductor system between the first window layer and the second window layer; wherein the second window layer comprises a semiconductor material different from the semiconductor system, and the second sheet resistance is greater than the first sheet resistance.

【指定代表圖】 第(2)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

支撐基板 103；第一窗口層111；第二窗口層112；光電系統120；第一層121；轉換單元122；第二層123；第一歐姆接觸層130；131；指狀電極132；第二歐姆接觸層140；透明導電層141；反射層150；金屬層160；第一襯墊171；第二襯墊172

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 光電元件

【英文發明名稱】 OPTOELECTRONIC DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種光電元件及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 近年來，節能減碳的議題益受重視，發光二極體在背光及照明的應用領域更顯重要，各種增加發光二極體光摘出效率的方法一一被提出。欲增進光摘出效率可以通過幾個方式，其一為改善磊晶成長的品質，藉由增加電子和電洞結合的機率，提升內部量子效率(IQE)。另一方面，發光二極體產生之光線若無法有效被取出，部份光線因全反射因素而侷限在發光二極體內部來回反射或折射，最終被電極或發光層吸收，使亮度無法提升，因此使用表面粗化或改變結構的幾何形狀等，提升外部量子效率(EQE)。藉由提升光摘出效率(LEE)，使發光二極體的亮度增高。

【發明內容】

【0003】 本發明之目的在於提供一種光電半導體元件，其具有促進光摘出效率之結構。

【0004】 本發明之發光元件包括：包括：一基板，一第一窗口層形成於所述之基板，具有第一片電阻值，第一厚度及第一雜質濃度；一第二窗口層，具

有第二片電阻值，第二厚度及第二雜質濃度；一半導體系統形成於所述之第一窗口層及所述之第二窗口層之間；其中所述之第二窗口層和所述之半導體系統為不同的半導體材料；所述之第二片電阻值低於所述之第一片電阻值。

【0005】 一種光電半導體元件，係包括：一基板；一金屬層具有一金屬元素形成於所述之基板上；一第一窗口層包括所述之金屬元素；一透明導電層形成於所述之金屬層和所述之第一窗口層之間，其中於所述之第一窗口層的所述之金屬元素濃度小於 $1*10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

【0006】 一種光電半導體元件，包括：一基板；一n型窗口層形成於所述之基板上；一半導體系統形成於所述之n型窗口層上；一p型窗口層形成於所述之半導體系統上；其中，所述之光電半導體元件在驅動電流密度介於 $0.1\sim 0.32 \text{ mA/mil}^2$ 下，具70 流明/瓦的發光效率，發出之光源介於琥珀色光和紅光之間。

【0007】 一種製造光電半導體元件的方法，包括以下步驟：提供一基板；形成一半導體系統於所述之基板上；形成一窗口層在所述之半導體系統上；其中所述之窗口層和所述之半導體層由不同的半導體材料所構成；移除所述之窗口層，藉以使所述之窗口層和所述之半導體層具有一寬度差，所述之寬度差大於1微米。

【圖式簡單說明】

【0008】 第1 A 圖～第1H圖係分別為本發明光電半導體元件依本發明所揭露的製程方式，依每一個製程步驟所對應的結構側視剖面示意圖；

【0009】 第2 圖係為本發明光電半導體元件之一實施例側視剖面示意圖；

【0010】 第3 圖係為本發明光電半導體元件之一實施例之SEM圖；

【0011】 第4圖係本發明光電半導體元件之第一歐姆接觸層之上視圖。

【實施方式】

【0012】 以下實施例將伴隨著圖式說明本發明之概念，在圖式或說明中，相似或相同之部分係使用相同之標號，並且在圖式中，元件之形狀或厚度可擴大或縮小。需特別注意的是，圖中未繪示或描述之元件，可以是熟習此技藝之人士所知之形式。

【0013】 第1A圖至第1H圖係分別為依本發明一實施例之製程方法於各步驟之對應結構示意圖。請先參閱第1A圖，利用本發明所揭露的光電半導體元件製程方式，先提供一基板101，基板101被當作成長基板，用以成長或承載一光電系統120於其上。構成所述成長基板101的材料包含但不限於鍺(Ge)、砷化鎵(GaAs)、磷化銦(InP)、磷化鎵(GaP)、藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)、矽(Si)、氧化二鋁鋰(LiAlO₂)、氧化鋅(ZnO)、氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)之一種或其組合。構成基板101的材料包含鍺(Ge)、砷化鎵(GaAs)、磷化銦(InP)、磷化鎵(GaP)、藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)、矽(Si)、氧化二鋁鋰(LiAlO₂)、氧化鋅(ZnO)、氮化鎵(GaN)、氮化鋁(AlN)、玻璃、鑽石(diamond)、CVD鑽石、類鑽碳(DLC)之一種或及其組合。

【0014】 於基板101之上，形成一第一窗口層111，第一窗口層111材料係包含至少一元素選自於鋁(Al)、鎵(Ga)、銦(In)、砷(As)、磷(P)及氮(N)所構成之群組，或為其組合，例如為GaN或AlGaInP之半導體化合物或其它替代之材料。第一窗口層111為一導電薄膜，例如為n型或p型 $(Al_xGa_{(1-x)})_{0.5}In_{0.5}P$ ，其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$ 。第一窗口層111具有兩相對的表面，其中一第一表面和基板101接觸。

【0015】 一過渡層(未顯示)可選擇性的形成在基板101及第一窗口層111之間。所述之過渡層可當作一緩衝層介於基板101及第一窗口層111。在發光二極

體的結構中，所述之過渡層係為了減少二層材料間的晶格不匹配。另一方面，所述之過渡層可以為單層、多層、二種材料的結合或二分開的結構，其中所述之過渡層的材料可為有機金屬、無機金屬或半導體中的任一種。所述之過渡層也可作為反射層、熱傳導層、電傳導層、歐姆接觸層、抗形變層、應力釋放層、應力調整層、接合層、波長轉換層或固定結構等。

【0016】一光電系統120形成於第一窗口層111的第二表面上，光電系統120包括至少一第一層121具有第一導電型態，一轉換單元122以及一第二層123具有第二導電型態，依序形成於第一窗口層111之上。第一層121和第二層123可為兩個單層結構或兩個多層結構(多層結構係指兩層或兩層以上)。第一層121和第二層123具有不同的導電型態、電性、極性或依摻雜的元素為以提供電子或電洞。若第一層121和第二層123為半導體材料的組合，例如， $(Al_xGa_{(1-x)})_{0.5}In_{0.5}P$ ，其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$ ，所述之導電型態可為n型或p型。第一窗口層111和第一層121具有相同的導電型態，例如，都為n型導電型態。第一窗口層111的雜質濃度大於第一層121的雜質濃度，具有較高的導電率。轉換單元122沉積在第一層121和第二層123之間，轉換單元122係將光能和電能相互轉換或導致轉換。光電系統120可應用於一半導體元件、設備、產品、電路，以進行或導致光能和電能相互轉換。具體的說，光電系統120可包括一發光二極體(LED)、一雷射二極體(LD)、一太陽能電池，一液晶顯示器或一有機發光二極體其中之一。轉換單元122將電能轉換成光能，光電系統120可為一發光二極體、一液晶顯示器、一有機發光二極體。轉換單元122將光能轉換成電能，光電系統120可為一太陽能電池或一個光電二極體。本說明書中的”光電系統”，不限定其每一層都為半導體材料所構成，也可以為非半導體材料，例如，金屬、氧化物、絕緣材料等。

【0017】以發光二極體為例，可以藉由改變光電系統120裡的其中一層或多層的物理及化學組成，調整發出的光波長。常用的材料為磷化鋁鎵銮(aluminum gallium indium phosphide, AlGaInP)系列、氮化鋁鎵銮(aluminum gallium indium nitride, AlGaInN) 系列、氧化鋅系列(zinc oxide, ZnO)。轉換單元122可為單異質結構(single heterostructure, SH)，雙異質結構(double heterostructure, DH)，雙側雙異質結(double-side double heterostructure, DDH)，多層量子井(multi-quantum well, MWQ)。具體來說，轉換單元122包括一多層量子井結構具有多個阻障層及量子井層交替堆疊，每一個阻障層包括 $(Al_yGa_{(1-y)})_{0.5}In_{0.5}P$ ，其中， $0.5 \leq y \leq 0.8$ ；及每一量子井層包括 $In_{0.5}Ga_{0.5}P$ 。此外，發光波長的調整，也可以通過改變阻障層和量子井層對的數目或改變阻障層的組成，例如紅色的發光波長介於600至630nm，其y組成約0.7；琥珀色光波長介於580至600nm，其y組成約0.55左右。

【0018】形成一第二個窗口層112在光電系統120的第一表面，其材料包含至少一個元素選自鋁(Al)，鎵(Ga)，銮(In)，砷(As)，磷(P)，氮(N)，或其組合物，例如，氮化鎵(GaN)，磷化鋁鎵銮(AlGaInP)或任何其他合適的材料。第二窗口層112包括至少一種材料不同於光電系統120或第二層123。較佳地，第二窗口層112具有和第二層123相同的導電類型，如p型磷化鎵(GaP)層。在另一實施例，第二窗口層112的側壁及/或光電系統120不必為正交，而是可以具有一斜角如圖3所示。

【0019】然後，形成一第一歐姆接觸層130於第二窗口層112上，第一歐姆接觸層130的材質為導電材料，如鈹金(BeAu)或鍺金(GeAu)之合金層，形成圖1A所示的第一堆疊結構10，其中第一歐姆接觸層130包括複數個指狀電極132自一電極131向邊界延伸，如圖4所示。第一個合金化過程溫度在300~500°C或以上，

形成在第一歐姆接觸層130和第二窗口層112間的歐姆接觸。所述之合金化細節過程是在合金技術領域中所習知。

【0020】 接下來，如圖1B所示，在第一歐姆接觸130及第二窗口層112上接合一個臨時基板102，其材質如玻璃。並移除基板101，使第一窗口層111的第一表面曝露出來，如圖 1C所示。

【0021】 接下來，形成一第二歐姆接觸層140在第一窗口層111的第一表面。第二歐姆接觸層140的材質為導電材料，如鈹金(BeAu)或鍺金(GeAu)之合金層，如圖1D所示。其中第二歐姆接觸層140包括複數個二維點電極陣列，這些點電極陣列，較佳地，在垂直方向不和第一歐姆接觸層130的第一堆疊結構10和指狀電極 132重疊，具有較佳的電流分散效果，如圖1D所示。第二合金化過程溫度在300~500°C或以上，形成在第二歐姆接觸層140和第一窗口層111間的歐姆接觸。所述之合金化細節過程是在合金技術領域中所習知。

【0022】 利用電子束或濺射形成一透明導電層141覆蓋第二歐姆接觸層140，其中透明導電層141的材質包括金屬氧化物，至少一種材料選自銦錫氧化物(ITO)，鎵錫氧化物(CTO)、銻氧化錫、氧化銦鋅、氧化鋅鋁、及鋅錫氧化物；其厚度約為0.005 μm ~0.6 μm ，0.005 μm ~0.5 μm ，0.005 μm ~0.4 μm ，0.005 μm ~0.3 μm ，0.005 μm ~0.2 μm ，0.2 μm ~0.5 μm ，0.3 μm ~0.5 μm ，0.5 μm ~0.4 μm ，0.2 μm ~0.4 μm ，或為0.3 μm ~0.2 μm 。

【0023】 如圖1E所示，一反射層150形成在透明導電層141上，其材質為一導電材料，包括金屬，如銀。然後，利用一金屬層160作為結合層，將反射層150接合在一支撐基板103上，如圖1F所示。在本實施例中，支撐基板103包括矽。金屬層160包括至少一種材料選自以下群組，如金、錫、鉛、銦金(InAu)，錫金(SnAu)和及其合金。

【0024】 移除臨時基板102，將第一歐姆接觸層130和第二窗口層112曝露出來，利用微影蝕刻出複數個晶粒區(未顯示)在支撐基板103上。其中，蝕刻所用的蝕刻劑，如乾式蝕刻包括氟或氯，蝕刻第二窗口層112的速度相對超過了所述之蝕刻劑蝕刻光電系統120的速度，這樣會在光電系統120或第二導電型123的表面形成一第一蝕刻平台 S1。光電系統120和第二導電型層123的寬度大於第二窗口層112的寬度，如圖 1G所示。形成一第二蝕刻平台 S2於第一窗口層111上，第一窗口層111的底部寬度大於光電系統120或第一導電型層121。

【0025】 再接下來，將第二窗口層112進行濕蝕刻，至少第二窗口層112的曝露表面及側壁會形成粗糙結構，其中蝕刻液，如混合氫氟酸(HF)、硝酸(HNO₃)和乙酸(冰醋酸)，對第二窗口層112的蝕刻速度相對超過了光電系統120的蝕刻速度，形成一寬度差L1，L1較第一蝕刻平台 S2的寬度更進一步擴大。第二窗口層112比光電系統120具有一個更增大的表面粗糙度，其中寬度差 L1大於1微米及/或小於10微米，如圖1H或圖 3所示。

【0026】 最後，第一襯墊171形成於第一歐姆接觸層130上，第二襯墊172形成於支撐基板103。一鈍化層180覆蓋在第二窗口層112及第一歐姆接觸層130，形成一光電半導體元件，如圖 2所示。鈍化層180作為一個保護層，以保護光電半導體元件避免環境的破壞，如水分或機械損傷。光電半導體元件的掃描電子顯微鏡照片，如圖3所示。

【0027】 根據本發明所揭露的一實施例，第一窗口層111包括一半導體材料，如 $(Al_xGa_{(1-x)})_{0.5}In_{0.5}P$ ，其中 $0.5 \leq x \leq 0.8$ 。反射層150包括一金屬元素，例如銀，是在第一和第二合金化處理過程後才形成，以避免反射層的金屬元素擴散到第一窗口層111。第一窗口層111包括一個半導體材料，較佳的和第一層121的材料具有相同的組成。根據本發明所揭露的另一實施例，其中在第一窗口層111

金屬元素的濃度小於 $1 * 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。較佳的金屬元素濃度小於 $1 * 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ，大於 $1 * 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。降低反射層150的劣化，使反射層150具有大於90%的反射率。

【0028】表1顯示本發明實施例所揭露的光電元件測試的光學效率，光電元件為小尺寸的晶片，如 10 mil^2 。在20 mA或 0.2 mA/mil^2 的驅動電流下，光學效率高達70流明/瓦。對於光電元件尺寸為 14 mil^2 的晶片，在20 mA或 0.1 mA/mil^2 的驅動電流下，光學效率高達100流明/瓦。對於光電元件尺寸為 28 mil^2 的晶片，在250 mA或 0.32 mA/mil^2 的驅動電流下，光學效率高達約106流明/瓦。對於光電元件為大尺寸的晶片，如 42 mil^2 ，在350mA或 0.2 mA/mil^2 的驅動電流下，光學效率高達約 121流明/瓦。可以從表1中的光電元件看出，根據目前揭露的光學效率，在驅動電流密度從 $0.1 \sim 0.32 \text{ mA/mil}^2$ 下，達到至少70流明/瓦，或至少100流明/瓦。

【0029】表一 根據本發明所揭露的光電元件的光學效率表。

晶片尺寸 [mil ²]	操作電流 [mA]	電流密度 [mA/mil ²]	光學效率 [流 明/瓦]	主發光波長 [nm]
10	20	0.2	~70	~620
14	20	~0.1	~90	~620
28	250	~0.32	~106	~613
42	350	~0.2	~121	~613

【0030】本發明實施例所揭露的光電元件，第一窗口層111的薄膜片電阻值高於第二窗口層112的薄膜片電阻值。此外，第二歐姆接觸層140與第一歐姆接觸層130在垂直方向不重疊。因此，驅動電流聚集在第二歐姆接觸層140的附近。光電半導體元件發出之光線對應到第二歐姆接觸層140區域，因此不會被第一歐姆接觸層130之區域所阻擋，因此具有電流阻斷作用，有利於橫向電流的擴散。

【0031】 另根據本發明所揭露的實施例，第一個窗口層111的雜質濃度較低於第二窗口層112，第一個窗口層111的片電阻值較低於第二窗口層112。根據本發明所揭露的另一實施例，第一個窗口層111包含一個 n型雜質其雜質濃度 $1*10^{17} \sim 5*10^{17} \text{cm}^{-3}$ 左右；第二窗口層112包含 p型雜質其雜質濃度約 $1*10^{18} \sim 5*10^{18} \text{cm}^{-3}$ ，高於第一窗口層111。根據本發明所揭露的再一實施例，第一個窗口層111的厚度約1~5微米小於第二窗口層112的厚度5~ 20微米。

【0032】 根據本發明所揭露的一實施例，因為第二窗口層112側壁表面具有粗糙結構，光可橫向摘取。所述之晶片區域可為矩形的形狀，會有更好的發光效率。所述之矩形長度和寬度的比率從1.5:1到10:1。

【0033】 應注意的是，以上各實施例並未依照實際製品之比例繪製。本發明所列舉之各實施例僅用以說明本發明，並非用以限制本發明之範圍。任何人對本發明所作之任何顯而易知之修飾或變更皆不脫離本發明之精神與範圍。

【符號說明】

【0034】

- 10 第一堆疊結構
- 101 基板
- 102 支撐基板
- 103 支撐基板
- 111 第一窗口層
- 112 第二窗口層
- 120 光電系統
- 121 第一層
- 122 轉換單元
- 123 第二層

130 第一歐姆接觸層

131 電極

132 指狀電極

140 第二歐姆接觸層

141 透明導電層

150 反射層

160 金屬層

171 第一襯墊

172 第二襯墊

180 鈍化層

S1 第一蝕刻平台

S2 第二蝕刻平台

L1 寬度差

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種光電半導體元件，包含：

- 一基板；
- 一光電系統，位於該基板之一側且包含一轉換單元；
- 一第一接觸層，位於該光電系統上；
- 一第一窗口層，形成於該基板與該光電系統之間；
- 一第二窗口層，位於該光電系統與該第一接觸層之間；
- 一鈍化層，覆蓋在該第二窗口層及該第一接觸層上；以及
- 一第一襯墊，形成於該第一接觸層上；其中，該光電半導體元件在驅動電流密度介於 $0.1\sim 0.32\text{ mA/mil}^2$ 時，具有至少 70 流明/瓦的發光效率。

【請求項2】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該光電半導體元件具有一矩形的形狀，且該矩形的長度及寬度比率為 1.5:1 到 10:1。

【請求項3】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該光電系統更包含一第一層及一第二層，該轉換單元位於該第一層及該第二層之間且該轉換單元包括一多層量子井結構。

【請求項4】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第一襯墊具有一上表面未被該鈍化層覆蓋。

【請求項5】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第二窗口層具有一側壁，且該側壁不平行於該光電半導體元件的一垂直方向。

【請求項6】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第一窗口層上具有一蝕刻平台。

【請求項7】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第一接觸層為合金層。

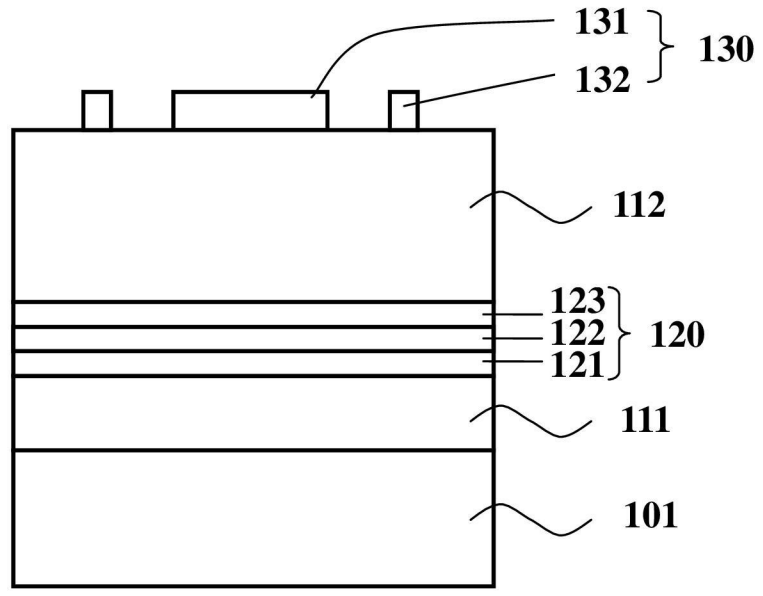
【請求項8】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第一接觸層更包含複數個指狀電極，且該鈍化層覆蓋於該些指狀電極上。

【請求項9】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第二窗口層具有一側壁，且該側壁不平行於該光電半導體元件的一垂直方向。

【請求項10】 如申請專利範圍第 1 項之光電半導體元件，其中該第一窗口層具有一底部，該底部具有一第一寬度，該光電系統具有一第二寬度小於該第

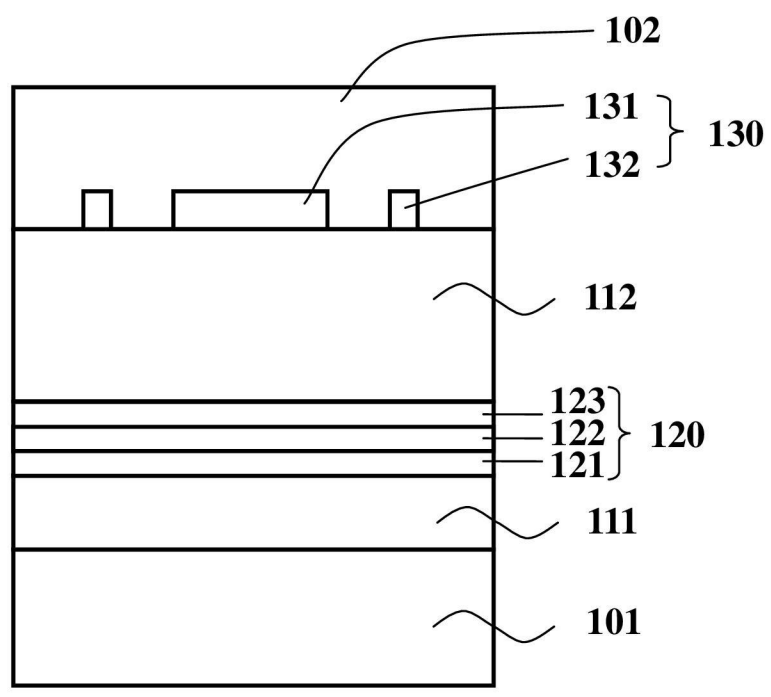
一寬度。

【發明圖式】

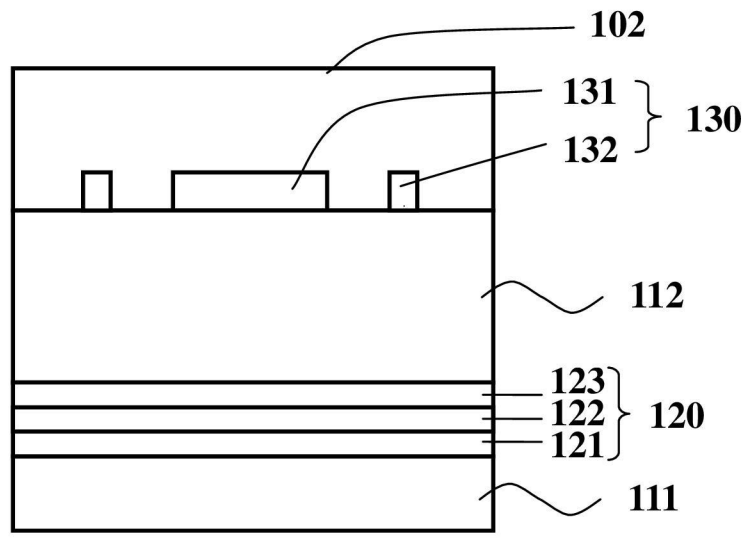


10

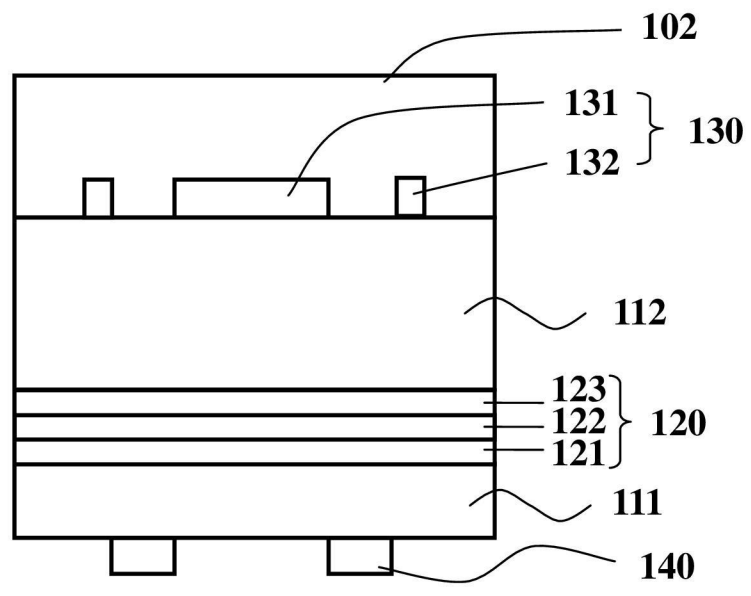
第 1A 圖



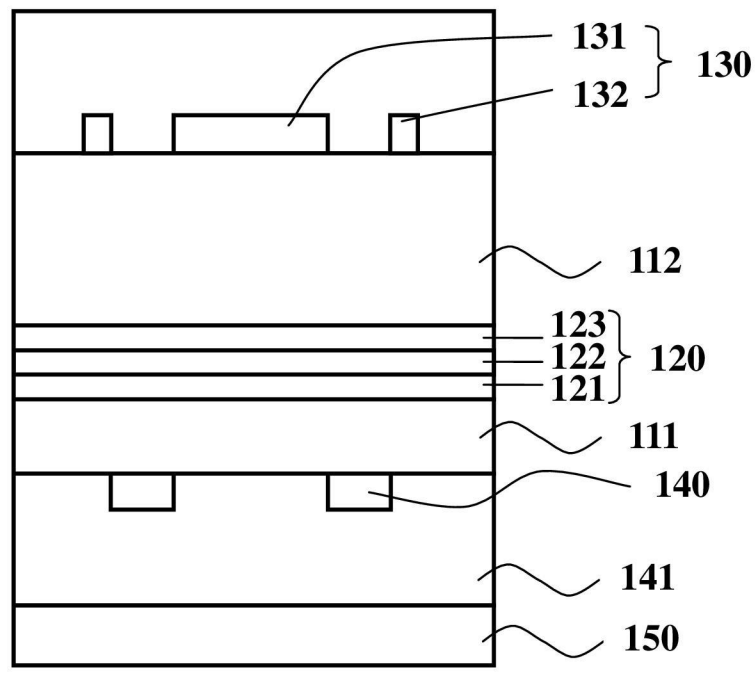
第 1B 圖



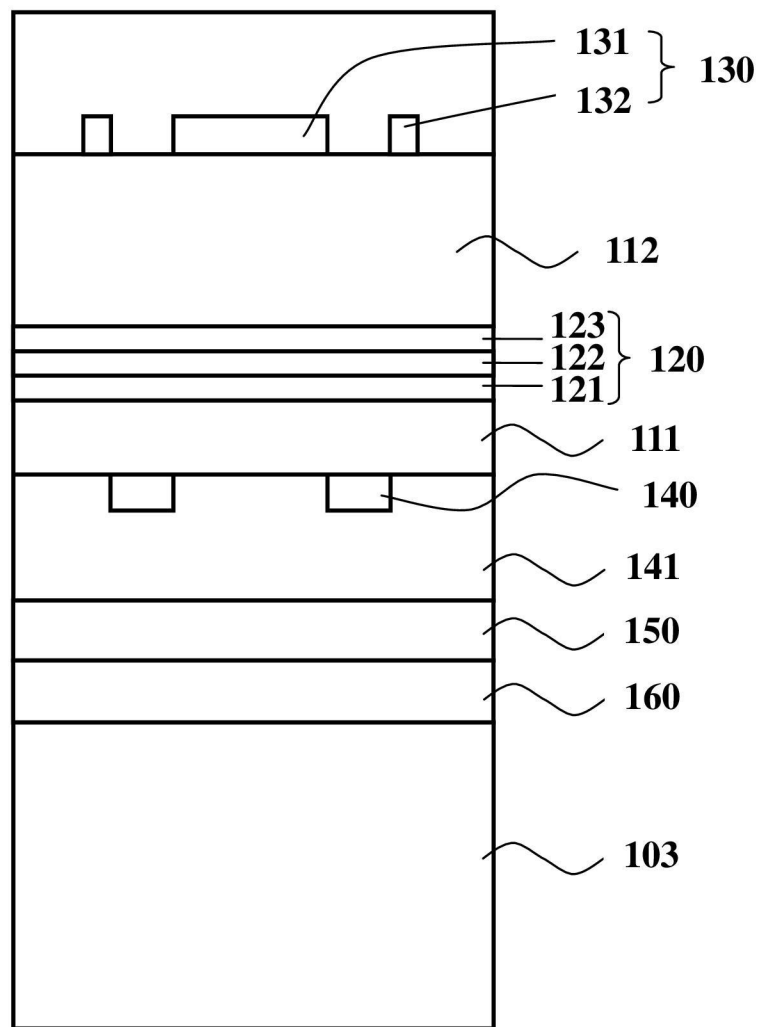
第 1C 圖



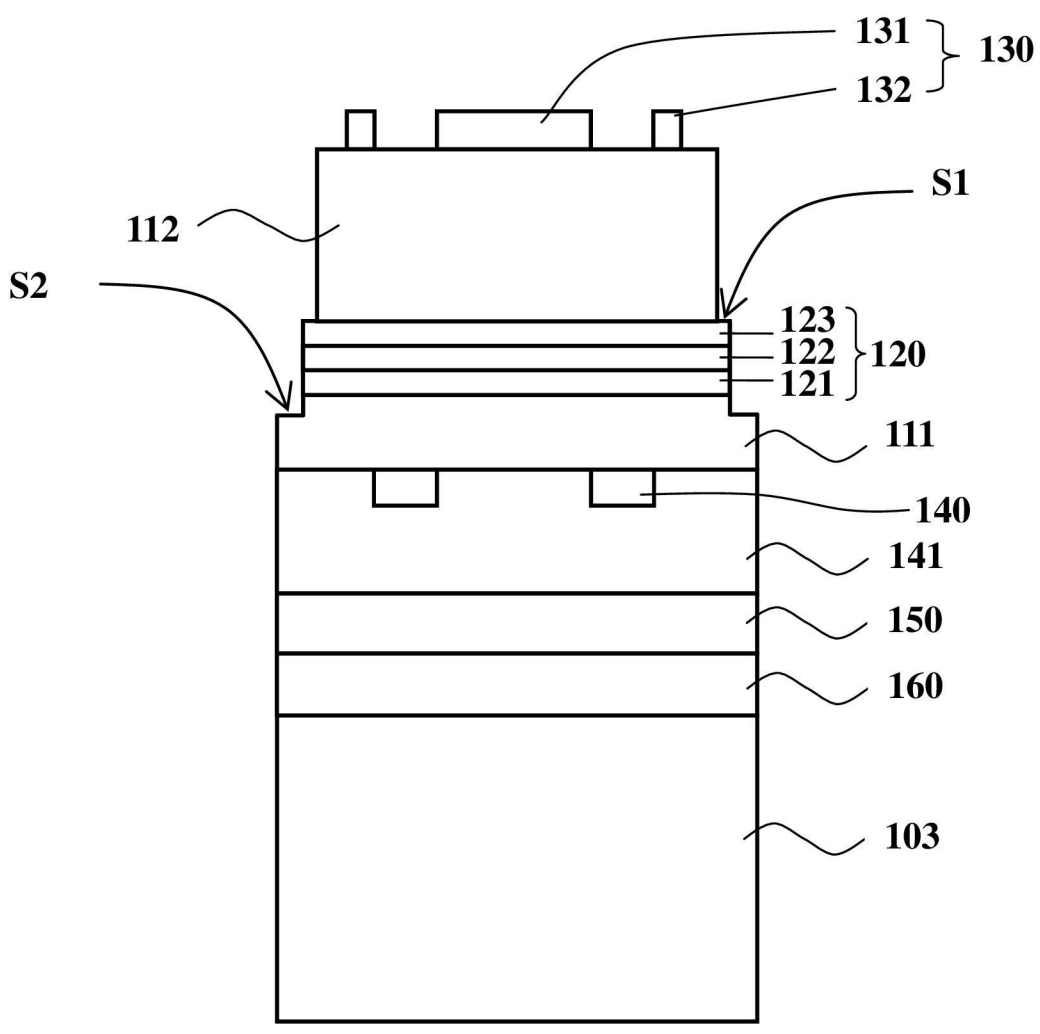
第 1D 圖



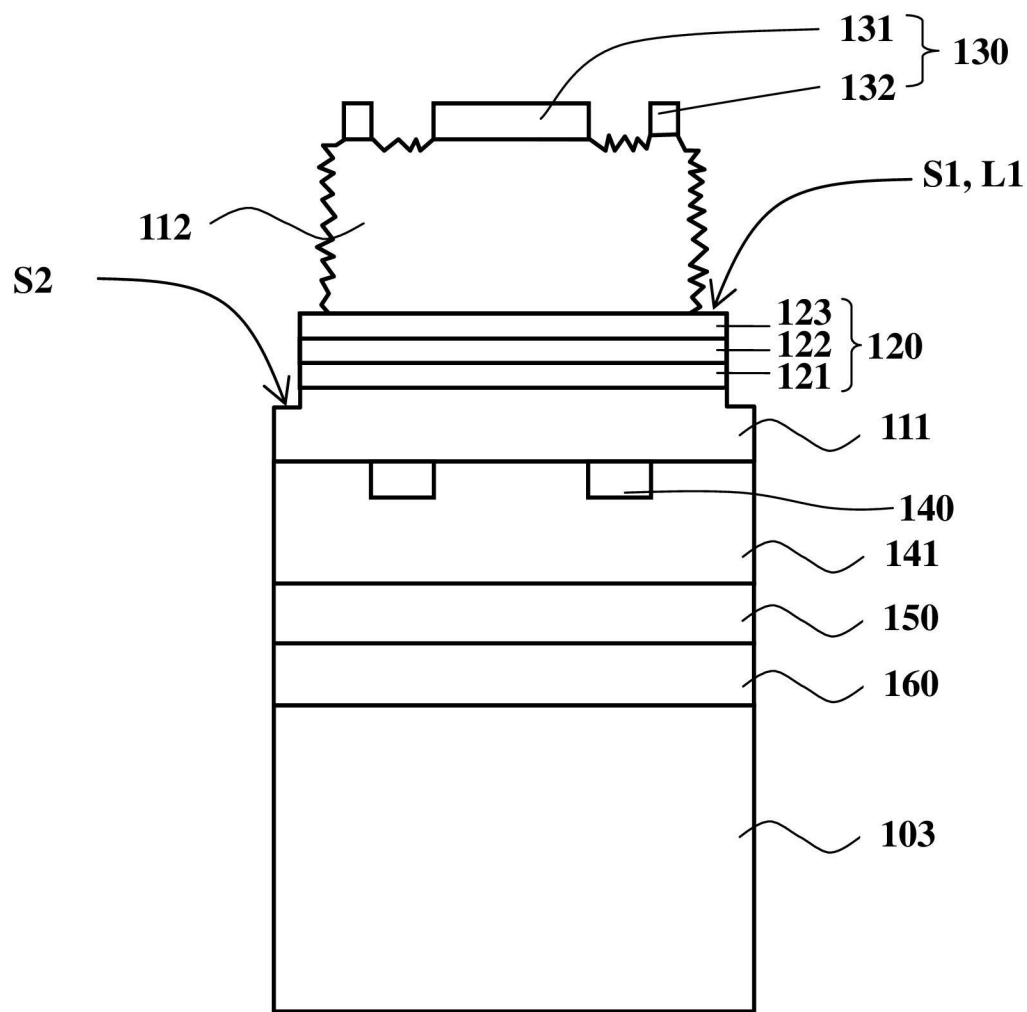
第 1E 圖



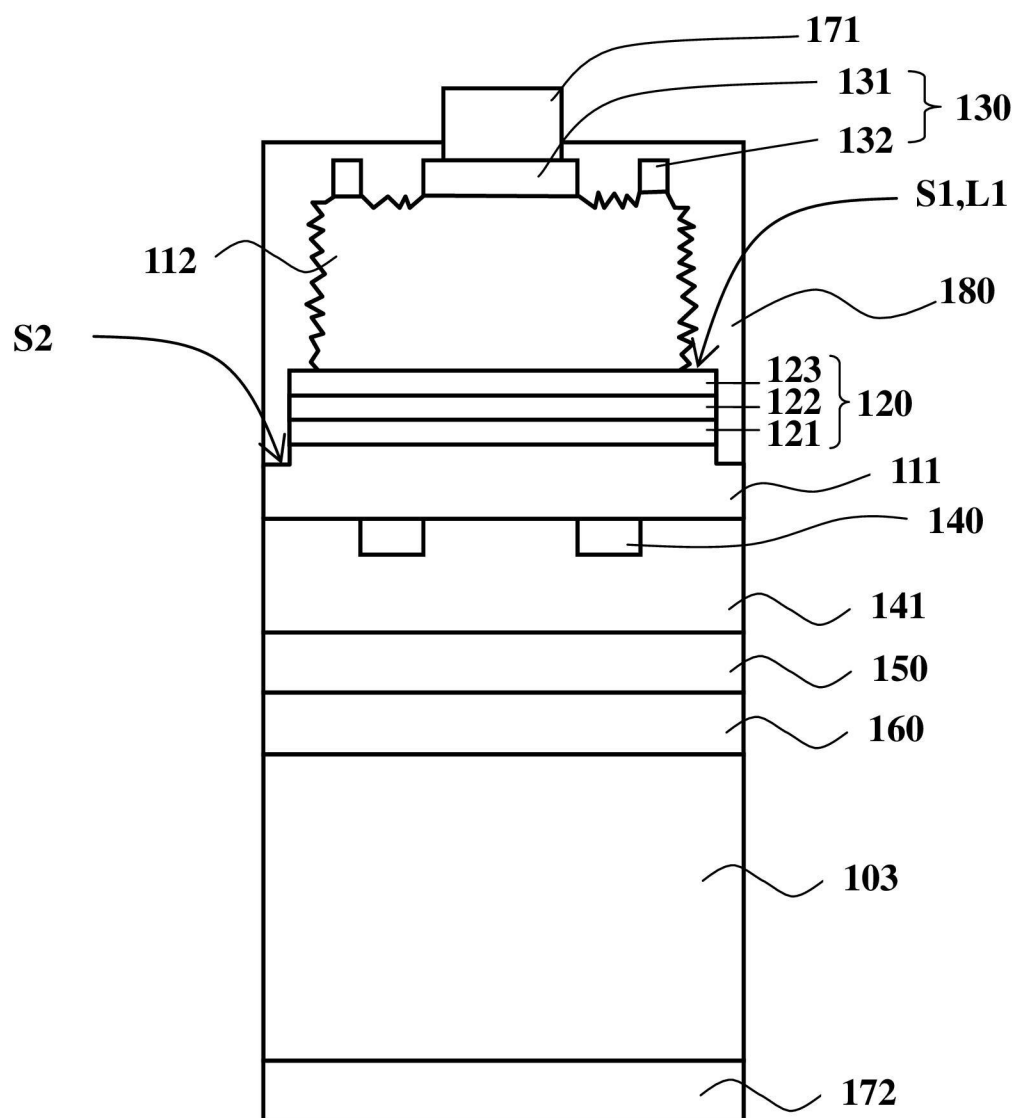
第 1F 圖



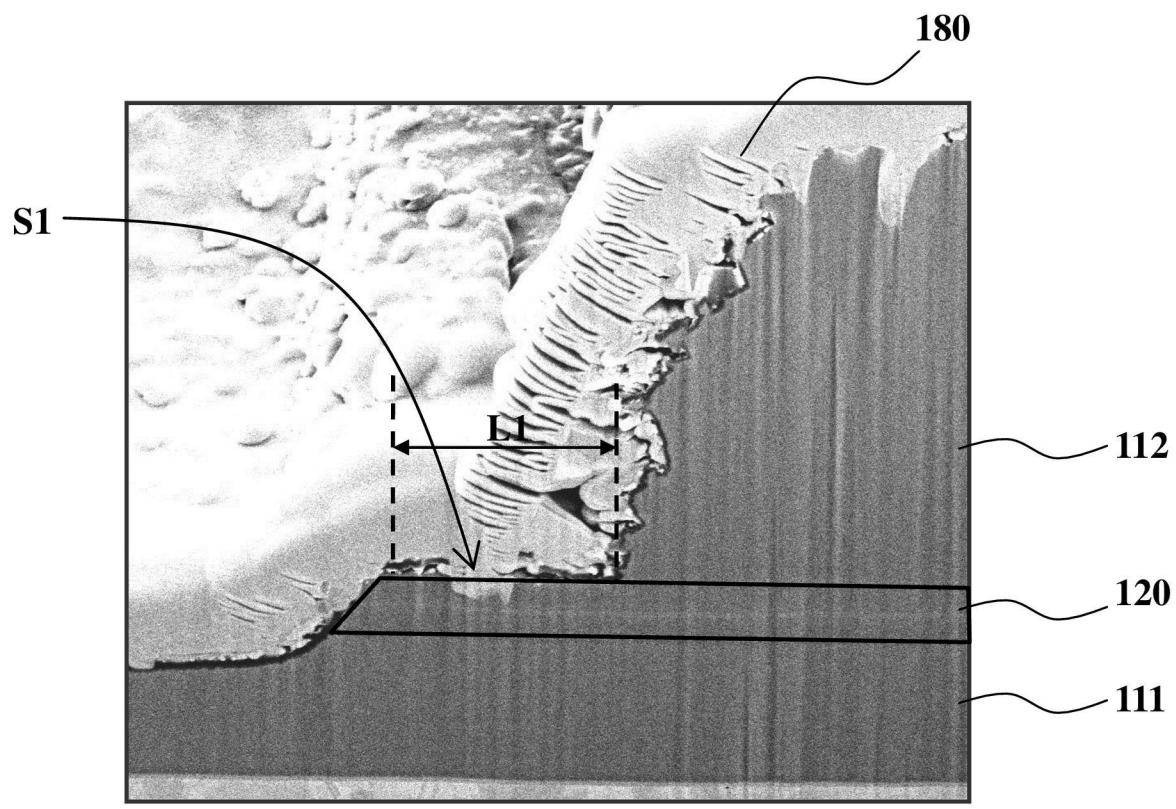
第 1G 圖



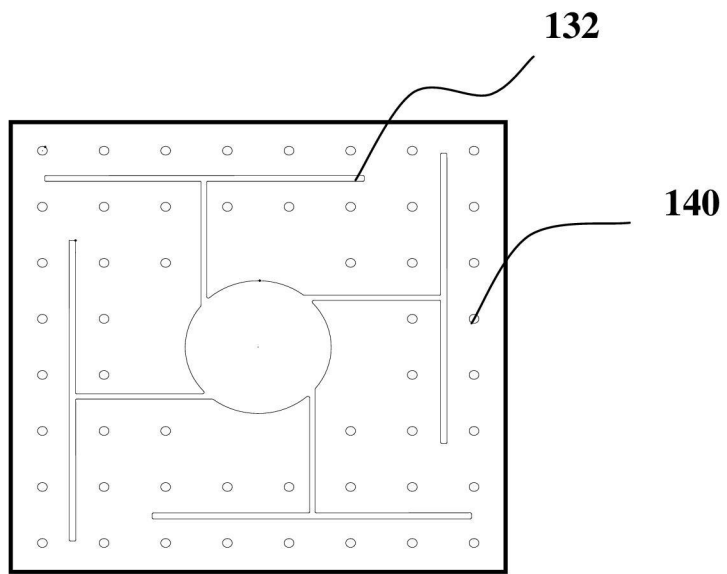
第 1H 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖